

## HACIA EL RIESGO HÍDRICO: VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN A PRECIPITACIONES EXTRAORDINARIAS

Marcos Cipponeri<sup>1</sup>, Mónica Salvioli<sup>2</sup>, Jessica Ailén Biagioni<sup>2</sup>, Enrique Angheben<sup>3</sup>, María Marta Trovatto<sup>4</sup>, Guillermo Larrivey<sup>2</sup>, Gustavo Adrián Colli<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UIDET Gestión Ambiental, Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. Calle 47 N° 200, (1900) La Plata. Tel.: 54 221 4272963. Fax: 54 221 4236684, int. 152.  
[mcipponeri@ing.unlp.edu.ar](mailto:mcipponeri@ing.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup>UIDET Gestión Ambiental, Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

<sup>3</sup>UIDET Hidrología. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

<sup>4</sup>Cátedra de Hidrogeología de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la UNLP

**Palabras Clave:** Cuencas Urbanas, Riesgo Hídrico, Vulnerabilidad.

### RESUMEN

Las precipitaciones extraordinarias en cuencas urbanas del Aglomerado del Gran Buenos Aires (AGBA) son un fenómeno meteorológico que se percibe año a año con mayor frecuencia, ello es material de estudio en el marco de las consecuencias del cambio climático. En la Región Capital (Municipios de La Plata, Berisso y Ensenada) de la provincia de Buenos Aires, se han producido precipitaciones de este tipo en los últimos cincuenta años y se han inundado, como consecuencia de ello, vastas áreas de sus localidades; entre las más importantes se destacan las de los años 1962, 1980, 1990, 1998, 2002, 2008 y 2013, esta última con más de 80 víctimas fatales.

Los sistemas pluviales, diseñados para recurrencias de 2 a 5 años, son absolutamente superados en este tipo de acontecimientos, y su influencia en la mitigación es más baja cuanto más extremo es el fenómeno meteorológico. El riesgo al que está expuesta la población es proporcional a la magnitud del evento y a su vulnerabilidad. Este trabajo tiene como objetivo determinar la vulnerabilidad de la población en tres cuencas de la zona norte del Partido de La Plata, sobre la base de una metodología ya desarrollada por este mismo equipo (Cipponeri *et al*, 2014) para las cuencas de los arroyos del Gato y Maldonado, en el Área Centro del mismo partido.

Se trata de las cuencas de los arroyos Martín-Carnaval, Don Carlos y Rodríguez, las cuales abarcan las localidades de City Bell, Villa Elisa, y Gonnet (Área Norte del Partido de La Plata), predominantemente residenciales y con una importante población. La metodología mencionada, revisada y adaptada, apunta a obtener un Índice de Vulnerabilidad a Precipitaciones Extraordinarias (InVuPPE), dependiente de variables geomorfológicas, de la población y de las características de las viviendas. El procesamiento de la información se realiza a través de un Sistema de Información Geográfico y los resultados se muestran en una escala cualitativa de cinco grados de vulnerabilidad: Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja.

## INTRODUCCION

El área de estudio comprende las cuencas de los arroyos Martín-Carnaval, Don Carlos y Rodríguez, tributarias del río de La Plata, representativas de un conjunto de cuencas de similares características que se desarrollan desde la conurbación Sur del área metropolitana hacia el SE. En ellas se encuentran las comunas de Gonnet, City Bell, Gorina, Melchor Romero, Abasto y parte de las comunas de Jose Hernández, Las Quintas y Ringuet, pertenecientes al Partido de La Plata.

Se trata de típicas cuencas autóctonas de llanura, en paisajes suavemente ondulados donde se destacan rasgos geomórficos de la planicie aluvial del río de La Plata, la llanura alta continental y el propio valle de los arroyos.

Los cursos naturales de agua tienen un rumbo predominante de escurrimiento en sentido SO-NE, vertiendo en la Planicie Costera y no al río de La Plata directamente, debido a que a partir de los 5 m snm se ingresa a la Zona de Origen Mixto (Hurtado *et al*, 2006) para luego desembocar en el Área de Influencia Estuárico-Marina, donde la pendiente regional cambia haciéndose mínima ( $<0,03\%$ ), produciendo una pérdida de energía y provocando que estos cursos se transformen en divagantes y generen bañados. Actualmente se encuentran canalizados en su último tramo hasta el río de La Plata.

El arroyo Carnaval se origina en la confluencia de dos cursos de agua de carácter transitorio, en cotas cercanas a los 25 m snm, con una extensión aproximada a los 3 km y orientación SO-NE. A partir del cruce con el Camino Gral. Belgrano tiene un cambio de rumbo hacia el SSO-NNE como consecuencia del alto topográfico ubicado en las proximidades del Parque Ecológico Municipal.

El arroyo Martín también tiene origen a partir de dos cursos, con cabeceras en cotas próximas a los 27,5 m snm y posee una longitud de 14,5 km con rumbo casi N-S hasta desembocar en la planicie costera. Este arroyo atraviesa el Parque Ecológico Municipal con una rectificación de 1,3 km.

El arroyo Rodríguez se origina en la unión de tres cursos de carácter transitorio, en cotas entre los 27 y 22,5 m snm. En proximidades de los 17 m snm el curso tiene carácter permanente que, con un rumbo casi S-N, escurre hasta el cruce con las vías férreas en una extensión aproximada de 4 km. A partir de este punto cambia su dirección a SO-NE, manteniéndose por 5,5 km para desembocar en la Planicie Costera.

El arroyo San Carlos es de carácter permanente en casi la totalidad del curso. Cuenta con una extensión de aproximadamente 4 km, y rumbo S-N. A partir de Gonnet se encuentra entubado y luego canalizado hasta desembocar en el arroyo Rodríguez.

La cuenca Martín-Carnaval tiene una extensión de 90,03 km<sup>2</sup> y la del Rodríguez-Don Carlos 52,49 km<sup>2</sup> También se observará que se incluyó en el análisis una parte de la cuenca Pereyra-San Juan por estar dentro del partido de La Plata en un área de 21,76 km<sup>2</sup>.

La población total en estas cuencas es de 119.282 habitantes, siendo el 96,82% urbana y sólo el 3,18% se clasifica como rural dispersa dentro del área de estudio, según el Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas del año 2010 (CNPHyV, 2010) realizado por el INDEC. La mayor densidad de población se ubica en cercanía de los caminos Belgrano y Centenario. El 70,45% de la población posee el servicio básico por red de agua de consumo y solo el 45,40% tiene acceso a la red cloacal.

Socialmente está caracterizada con 36.226 jefes de hogares, de los cuales el 79,92% posee algún tipo de ocupación, y un 1,94% se encuentra desocupado, y el restante del total, es decir 18,14%, permanece inactivo.

El presente trabajo es una continuación del realizado por Liscia *et al*, (2013) y Cipponeri *et al*, (2014) en el partido de La Plata con enfoque en las cuencas de los arroyos Del Gato, Jardín Zoológico, Circunvalación y Maldonado (Área Centro del Partido de La Plata). La vulnerabilidad obtenida en este caso está elaborada para el Área Norte del Partido de La Plata, y no puede ser comparable con la primera aunque comparta metodología de desarrollo.

Los datos utilizados difieren del anterior por haber sido actualizados con el último CNPHyV (2010), que además sufrió algunas modificaciones en la clasificación de materiales de vivienda respecto del CNPHyV (2001). Otro aspecto a tener en cuenta es la diferencia entre las características de población, que modifican los parámetros utilizados en los indicadores.

### Conceptos vinculados a Riesgo y Riesgo de Inundación

En términos genéricos se puede indicar que el riesgo es función de la probabilidad de ocurrencia e intensidad de una amenaza (causa) y de la vulnerabilidad de la sociedad susceptible de ser afectada por dicha amenaza. La fórmula que los vincula es ampliamente conocida:

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$$

Las amenazas pueden ser de origen natural, antrópico o una combinación de ambos. Las precipitaciones y sus consecuentes inundaciones están incluidas dentro de los denominados eventos hidrometeorológicos, definidos como un proceso o fenómeno de origen atmosférico, hidrológico u oceanográfico que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR, 2009).

En nuestro caso la amenaza está vinculada a precipitaciones extraordinarias definidas como aquellas cuya recurrencia es mayor respecto a la utilizada para el diseño de los desagües pluviales de una ciudad, en contraposición a la definida como precipitación ordinaria, es decir, aquellas cuya recurrencia está en el orden de magnitud de la utilizada en el diseño del sistema de desagües pluviales urbanos (Cipponeri *et al*, 2014).

En particular para el partido de La Plata, este tipo de amenaza, viene desarrollando una frecuencia creciente en los últimos años. A partir de la década del 70' se presenta un aumento tanto en la magnitud como en la frecuencia de ocurrencia de las precipitaciones máximas anuales (Liscia *et al* 2013; Romanazzi, 2014). En los años 2002, 2008 (con núcleo en el área limítrofe de City Bell y Villa Elisa) y 2013 se produjeron eventos extremos de precipitación cuyo orden de magnitud representó un porcentaje importante en relación a la precipitación anual de la región (1040 mm/año) para un módulo de 97 años (Hurtado *et al*, 2006).

Se vincula esta amenaza con la Precipitación Máxima Probable (PMP), definida como un evento extremo máximo con una probabilidad límite, finita y tendiente a cero (pero no nula), para la cual carece de sentido práctico asociarla a una recurrencia determinada (Caamaño Nelly *et al*., 2003).

Así, esta PMP, para una duración de 24 hs, fue calculada para la región en 540 mm y puntualmente para la ciudad de La Plata en 500 mm (Romanazzi, 2014).

Si se hace una comparación de los últimos eventos extremos sucedidos en la región con la precipitación anual de 1.040 mm indicada por Hurtado *et al* (2006) y con los valores calculados para la PMP, se observa que éstos fueron significativos respecto de dichas precipitaciones de referencia, tal como se muestra en la Tabla 1 siguiente.

Tabla 1. Comparación de precipitación caída vs. precipitación anual y PMP. Fuente: elaboración propia.

Fecha del Evento	Precipitación Total de 24 hs (mm)	Porcentaje de precipitación del evento respecto de:		
		Precipitación Anual	PMP Regional	PMP La Plata
27/01/2002	121,2	12 %	22 %	24 %
28/02/2008	240,0	23 %	44 %	48 %
02/04/2013	392,2	38 %	73 %	78 %

Se denomina vulnerabilidad a la susceptibilidad de la población, y los recursos asociados a la misma (que permiten el desarrollo de sus actividades económicas, culturales y sociales), de ser afectada por una amenaza natural o antrópica. UNISDR (2009) la define como “las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.”.

La vulnerabilidad social puede ser definida por las condiciones que posee una sociedad, condiciones económicas, sociales, culturales, institucionales y otras, que la predisponen para sufrir o evitar daños en uno o varios aspectos que la configuren: económicos, psicológicos, de la salud, de la vivienda, etc. (Natenzon *et al*, 2005). El análisis de la vulnerabilidad permite establecer las condiciones actuales en las que se encuentra la sociedad para afrontar amenazas con diversa intensidad y, en consecuencia, tener un nivel de base sobre la cual tomar medidas para mejorar esas condiciones.

En el caso de estudio la vulnerabilidad analizada está vinculada a un fenómeno hidrometereológico, como lo es una precipitación extraordinaria, de modo que los resultados de este estudio no son generalizables a otras amenazas.

Los sistemas pluviales tienen una incidencia significativa cuando se trata de precipitaciones ordinarias, ya que el escurrimiento superficial es derivado a estos sistemas. A medida que la recurrencia de la precipitación aumenta y supera la utilizada para el diseño, los desagües pluviales se ven superados en su capacidad de conducción, su efecto mitigador disminuye y comienzan a tener preponderancia las características geomorfológicas de la cuenca en la forma en que se desarrolla el escurrimiento superficial de las aguas.

En el caso de las precipitaciones ordinarias la vulnerabilidad de la población es baja, ya que, con un adecuado mantenimiento y conservación del sistema de desagües pluviales, la amenaza estará controlada y los excedentes hídricos serán conducidos por los mencionados desagües.

Sin embargo, para las precipitaciones extraordinarias, será necesario definir o trabajar sobre la vulnerabilidad de la población, ya que el sistema de desagües pluviales se verá superado y los

excedentes escurrirán por calles y avenidas, e incluso por las mismas manzanas, atravesando las viviendas y la infraestructura urbana (escuelas, hospitales, edificios públicos, etc.) (Cipponeri *et al*, 2014).

En este último caso, y para las cuencas estudiadas, serán determinantes en la vulnerabilidad de la población:

- a) aspectos del medio natural tales como la geomorfología de la cuenca,
- b) características de la población como densidad, nivel socioeconómico y distribución etárea,
- c) características de las viviendas, como su calidad y número de niveles, entre los principales aspectos.

En definitiva, se ha buscado un modelo que represente adecuadamente la realidad (aunque lógicamente la simplifique) y para el mismo se han seleccionado las siguientes variables:

- Ubicación relativa en la cuenca o subcuenca (área más o menos baja, distancia al cauce), representativa de la exposición de la población,
- Densidad poblacional, representativa de la susceptibilidad, ya que a mayor densidad poblacional más se afectará a la comunidad,
- Características constructivas de las viviendas, representativas de:
  - a) la resiliencia: porque es un indicador del nivel socioeconómico de la población y de su capacidad de recuperación del evento, y
  - b) de la susceptibilidad: ya que las viviendas y su capacidad de resistir el evento son una medida de la posible afectación de sus habitantes y sus bienes.

Los factores identificados no son los únicos que influyen en la vulnerabilidad, sino que son algunos de los que más significativamente influyen en la misma, y de los que se dispone información.

Con la ayuda de un Sistema de Información Geográfico (SIG) y con una base de datos consistente y pertinente, se pueden elaborar mapas que ayuden a identificar aquellas áreas de una región o de una cuenca que sean más o menos susceptibles (vulnerables) a ser afectadas por determinados eventos.

## **METODOLOGÍA**

### **Vulnerabilidad a las Precipitaciones Extraordinarias en el partido de La Plata**

Se determina la vulnerabilidad en función de la geomorfología de la cuenca, la posición relativa de la población dentro de la misma, la densidad poblacional y la calidad de los materiales de las viviendas. Cada información de las variables antes mencionadas se genera en distintas capas, en un programa SIG que permite el procesamiento y la visualización de los resultados.

A continuación se detalla el origen de los datos utilizados:

Ubicación relativa en la cuenca o subcuenca: determinada a través de un mapa de geomorfología del partido de La Plata (Hurtado *et al*, 2006).

Densidad de Población: datos a nivel radio censal del CNPhyV (2010).

Características de las viviendas: se define un indicador de precariedad de las viviendas a nivel radio censal; el mismo se aborda con los datos aportados por el CNPHyV (2010). El tipo de vivienda es definido por el INDEC por un indicador sintético denominado INMAT que se categoriza de Calidad I a IV1 (de mayor a menor calidad) según las características combinadas de sus materiales. Esta clasificación difiere de la realizada en el CNPHyV (2001), que adoptó cinco características distintas.

El resultado de la vulnerabilidad se determina a nivel de radio censal, siendo esta la mínima unidad territorial, que surge de los censos de población y viviendas, de datos confiables. El Índice de Vulnerabilidad de la Población a Precipitaciones Extraordinarias (InVuPPE) queda determinado por: la densidad poblacional, la calidad de los materiales de las viviendas y por la geomorfología de la cuenca. Para definir los grados de vulnerabilidad se propone una escala de cinco intervalos definida en la Tabla 2:

Tabla 2. Grados de vulnerabilidad. Fuente: Elaboración propia.

Valor	Grado de Vulnerabilidad
5	Muy Alta
4	Alta
3	Media
2	Baja
1	Muy Baja

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando cada una de las variables definidas como significativas y representativas, se indican las vulnerabilidades asociadas a éstas según la escala de la Tabla 2.

### Vulnerabilidad asociada a la ubicación relativa en la cuenca (V.URC):

Se definen los distintos grados de vulnerabilidad en función de las unidades geomorfológicas según se indica en la Tabla 3:

Tabla 3. Grado de vulnerabilidad asociado a unidades geomórficas. Fuente: Elaboración propia.

Ubicación relativa en la cuenca o sub-cuenca	Vulnerabilidad asociada (V.URC)	Ubicación relativa en la cuenca o sub-cuenca	Vulnerabilidad asociada (V.URC)
Planicie de inundación	5	Antigua franja costera	3

<sup>1</sup> **Calidad de los materiales (INMAT):** refiere a la calidad de los materiales con que están construidas las viviendas (material predominante de los pisos y techos), teniendo en cuenta la solidez, resistencia y capacidad de aislamiento, así como también su terminación.

**Calidad I:** la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos tanto en el piso como en techo; presenta cielorraso.

**Calidad II:** la vivienda presenta materiales resistentes y sólidos tanto en el piso como en el techo. Y techos sin cielorraso o bien materiales de menor calidad en pisos.

**Calidad III:** la vivienda presenta materiales poco resistentes y sólidos en techo y en pisos.

**Calidad IV:** la vivienda presenta materiales de baja calidad en pisos y techos.

Ubicación relativa en la cuenca o sub-cuenca	Vulnerabilidad asociada (V.URC)	Ubicación relativa en la cuenca o sub-cuenca	Vulnerabilidad asociada (V.URC)
Llanura de fango	5	Cubetas de deflación	3
Área con pendiente adyacente a la planicie de inundación	4	En interfluvio convexo	1
Antiguo estuario interior	4	Interfluvio plano	1

El resultado de vincular, a través de un SIG, la tabla anterior con el mapa de geomorfología, se puede observar en la Figura 1:



Figura 1: Vulnerabilidad asociada a la ubicación relativa en la cuenca (V.URC).

Fuente: adaptación del Mapa N°5 Geomorfología del Análisis Ambiental del Partido de La Plata (Hurtado *et al*, 2006).

#### Vulnerabilidad asociada a la densidad poblacional (V.DP):

Se definió a la vulnerabilidad de manera creciente con la densidad de población, a mayor densidad mayor cantidad de personas expuestas a la amenaza. Para definir los rangos asociados a la vulnerabilidad se analizaron las densidades extremas e intermedias de la población en el área de estudio, determinándose los intervalos según se indica en la Tabla 4. Las áreas rurales quedan definidas por una densidad menor a 10 hab/ha, al igual que para las cuencas del Área Centro del Partido de La Plata, y las de mayor densidad (asociadas a la mayor vulnerabilidad) van de 50 a 120 hab/ha, valores menores a los existentes en las cuencas del Área Centro del Partido de La Plata.



Tabla 4. Grados de vulnerabilidad asociados a densidad de la población. Fuente: Elaboración propia.

Densidad de Población	Rango (habitantes/hectárea)	Vulnerabilidad asociada (V.DP)
Muy alta	50 - 120	5
Alta	35 - 50	4
Media	20 – 35	3
Baja	10 – 20	2
Muy Baja	Menos de 10	1

El resultado de vincular la tabla anterior con el mapa de densidades de población (CNPhyV, 2010), se observa en la Figura 2:



Figura 2: Vulnerabilidad asociada a la densidad poblacional (V.DP).  
Fuente: elaboración propia con datos del CNPhyV, 2010 (INDEC).

#### Vulnerabilidad asociada a la precariedad de las viviendas (V.PV):

Se diseñó un indicador de la precariedad de las viviendas representativo a nivel de radio censal. El mismo surge de una suma ponderada en el cual hay cuatro variables que son los porcentajes relativos de viviendas, con INMAT I a IV, en el radio censal estudiado, asignando mayor peso a las viviendas más precarias y ajustando dicha suma ponderada por un factor de ajuste de escala. En definitiva el indicador se expresa como:

$$IN.PRE.VI. = \frac{(1 \times (\%INMAT I) + 2 \times (\%INMAT II) + 3 \times (\%INMAT III) + 4 \times (\%INMAT IV))}{(2,76 \times 100) \times 4}$$



Los intervalos del IN.PRE.VI asociados a los distintos grados de vulnerabilidad se observan en Tabla 5:

Tabla 5. Grados de vulnerabilidad asociados a la calidad de las viviendas. Fuente: Elaboración propia.

Precariedad de las viviendas	Rango <sup>2</sup>	Vulnerabilidad Asociada (V.PV)
Muy Alta	3,62 a 5,00	5
Alta	3,07 a 3,61	4
Media	2,65 a 3,06	3
Baja	2,26 a 2,64	2
Muy Baja	1,73 a 2,25	1

El resultado de aplicar las relaciones de la Tabla 5 a los datos que aporta el CNPHyV (2010) permite generar la Figura 3, en la cual se observa la vulnerabilidad asociada a la precariedad de las viviendas.

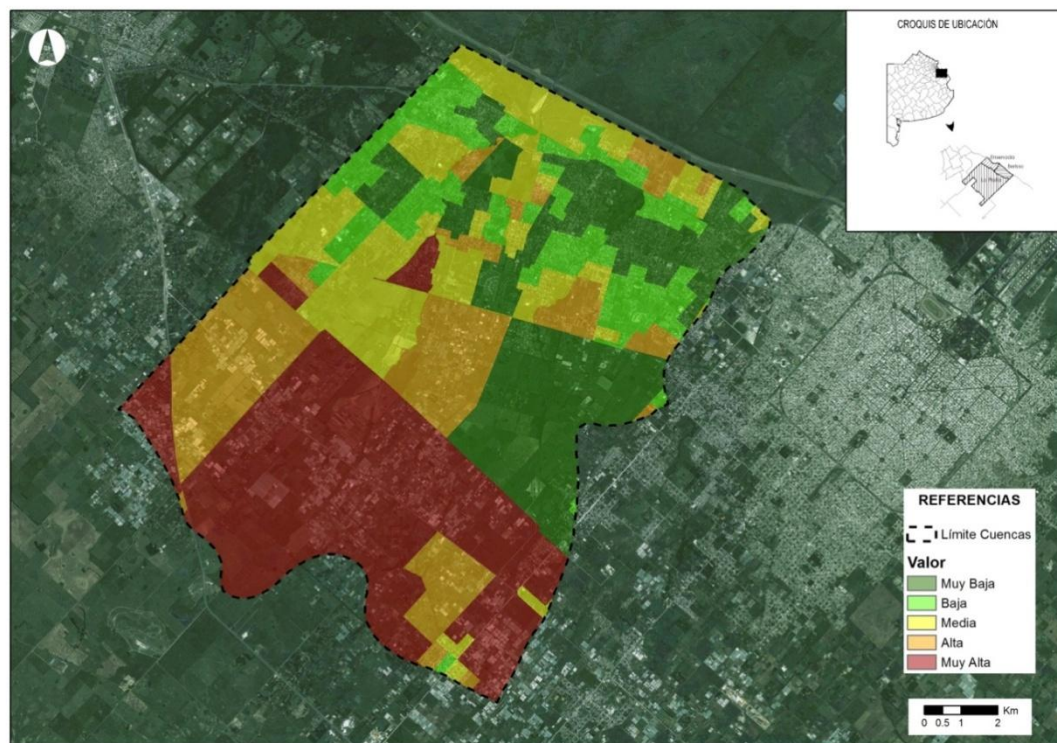


Figura 3: Vulnerabilidad asociada a la precariedad de las viviendas (V.PV). Fuente: elaboración propia.

<sup>2</sup> Para definir los intervalos se utilizó el método de intervalos naturales o “natural breaks” (Jenks 1963). Este método de clasificación se encuentra implementado en el software ArcGis e identifica los puntos de corte entre clases mediante el algoritmo de optimización de Jenks. Esta fórmula consiste básicamente en la minimización de la suma de la varianza intraclase para obtener la máxima homogeneización (mínima dispersión) dentro de cada intervalo y la máxima dispersión entre intervalos. Los límites entre clases se establecen en donde hay un salto relativamente importante entre los valores.

Índice de Vulnerabilidad de la Población a Precipitaciones Extraordinaria (InVuPPE): Queda definido por una combinación de los tres indicadores anteriores. Se propone una suma ponderada de los mismos, en el cual el mayor peso lo tiene la Vulnerabilidad asociada a la ubicación relativa en la cuenca ya que la misma es determinante para que haya exposición al evento, y en un segundo escalón de importancia se propone a las potenciadoras de las consecuencias del mismo, que son las vulnerabilidades asociadas a la densidad de población y a la precariedad de la vivienda. Los coeficientes propuestos son 0,60, 0,20 y 0,20 respectivamente.

Realizando un análisis de sensibilidad cambiando la magnitud de los coeficientes, la variación de los resultados no ha sido significativa.

$$InVuPPE = 0,60x V.URC + 0,20 x V.DP + 0,20 x V.PV$$

Los grados de vulnerabilidad asociados al InVuPPE son los propuestos en la Tabla 6:

Tabla 6. Grados de vulnerabilidad asociados a los rangos del InVuPPE. Fuente: Elaboración propia.

<b>Vulnerabilidad de la Población por Precipitaciones Extraordinarias</b>	<b>Rango<sup>3</sup></b>	<b>InVuPPE</b>
Muy Alta	3,80 a 4,80	5
Alta	3,20 a 3,80	4
Media	2,20 a 3,20	3
Baja	1,40 a 2,20	2
Muy Baja	1,00 a 1,40	1

Los resultados obtenidos de procesar la información SIG según los rangos indicados en la tabla anterior, se pueden observar en la Figura 4:

<sup>3</sup> Para definir los intervalos se utilizó el método de intervalos naturales o “natural breaks” (Jenks, 1963).

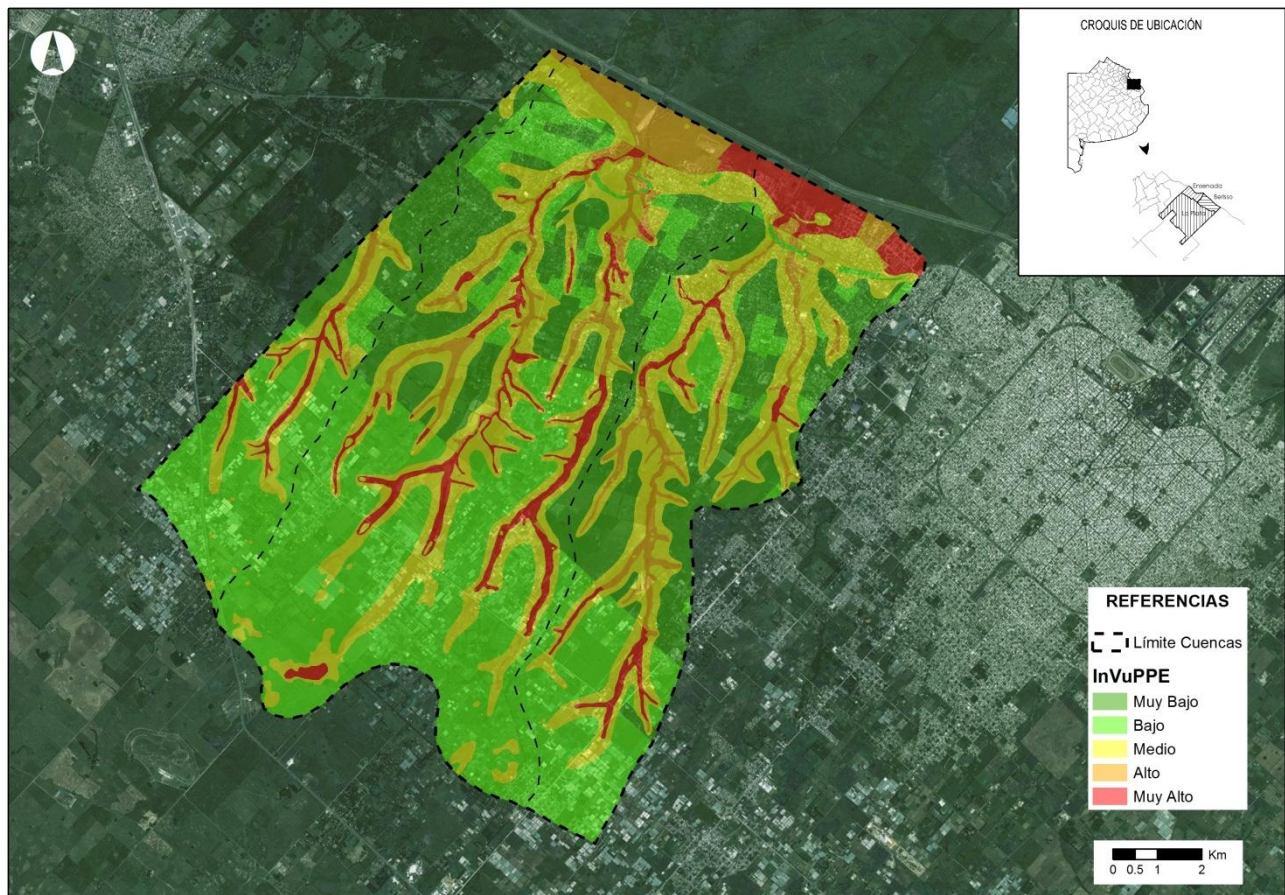


Figura 4: Índice de Vulnerabilidad de la Población por Precipitaciones Extraordinarias (InVuPPE).

Fuente: elaboración propia.

Los resultados que muestran las Figuras 1 a 4 son valores relativos de la vulnerabilidad, siendo la escala numérica propuesta una escala arbitraria. Los distintos rangos deben interpretarse de manera también relativa, para conocer a qué áreas se debe prestar atención de manera prioritaria.

## CONCLUSIONES

- Se puede hablar de una vulnerabilidad potencial que está gobernada por la geomorfología de las cuencas y que la misma puede transformarse en vulnerabilidad efectiva en función de la forma en que se utilice u ocupe el territorio y de la intensidad con que se lo haga. En el caso presentado, la ocupación residencial (prioritariamente) es la que transforma a la vulnerabilidad potencial en efectiva. Los factores potenciadores se han representado a través de la densidad poblacional y de la calidad de las viviendas, aunque está claro que no son los únicos, sino algunos de los principales.
- En la Figura 4 se puede observar que:
  - Las áreas con mayor vulnerabilidad son aquellas que se encuentran sobre los cauces originales de los arroyos. En algunos casos esta vulnerabilidad se ve aumentada por precariedad de la calidad de los materiales de las viviendas y por la densidad poblacional.



- En el sector más bajo de la cuenca hay una vulnerabilidad alta o muy alta. Esto se debe al cambio en la geomorfología, ya que el arroyo abandona el área de influencia continental para ingresar al área de influencia estuárico-marina. Asimismo, también aumenta la vulnerabilidad el hecho de que en este sector la precariedad de las viviendas es de Media a Alta.
- Hay sectores que presentan gran vulnerabilidad pero su densidad de población es Baja a Muy Baja. Esto debe tenerse en cuenta en la futura planificación del uso del suelo tratando de no intensificar su utilización residencial.
- Estos mapas no pueden denominarse mapas de riesgo hídrico, ya que se concentran en el análisis de los factores que influyen en una de las variables del riesgo, la vulnerabilidad, no considerando las características de la amenaza, en este caso las precipitaciones extraordinarias y el escurrimiento superficial consecuente (inundaciones incluidas).
- Sin embargo el InVuPPE es una buena aproximación a un mapa de riesgo hídrico, atento a que hay una variable que es insoslayable tanto para la amenaza como para la vulnerabilidad: la geomorfología. Por ello, de no existir mapas de riesgo hídrico, la Figura 4 que muestra al InVuPPE, es una buena guía para afrontar los eventos extraordinarios.

## BIBLIOGRAFIA

- Caamaño N.; et al (2003).** *Lluvias de diseño: conceptos, técnicas y experiencias*. Editorial Científica Universitaria, Córdoba.
- Cipponeri, M.; et al. (2014).** *Vulnerabilidad de la población de la ciudad de La Plata (Argentina) a precipitaciones extraordinarias*. Revista Aqua-LAC, Vol. 6 - Nº 2. Uruguay. <http://hdl.handle.net/10915/44275>
- Hurtado, M. et al. (2006).** “*Análisis Ambiental del Partido de La Plata*”. Instituto de Geomorfología y Suelos del CISAUA (UNLP). Consejo Federal de Inversiones. La Plata, Buenos Aires, Argentina. <http://hdl.handle.net/10915/27046>
- INDEC. (2001).** Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censos de Población y Viviendas. <http://www.indec.mecon.ar/>
- INDEC. (2010).** Instituto Nacional de Estadística y Censos. Censos de Población y Viviendas. <http://www.indec.mecon.ar/>
- Liscia S. O. et al. (2013).** *Estudio sobre la inundación ocurrida los días 2 y 3 de abril de 2013 en las ciudades de La Plata, Berisso y Ensenada*. Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP. La Plata, Buenos Aires, Argentina. Anexo. <http://hdl.handle.net/10915/27334>
- Natenzon, S.; et al (2005)** Evaluación del Impacto Socioeconómico. Fundación Torcuato Di Tella 2ª Comunicación de Cambio Climático - Vulnerabilidad de la zona costera Informe final, Buenos Aires, Fundación Torcuato Di Tella.
- Romanazzi, P. (2014).** *Aproximación a la estimación estadística de la Precipitación Máxima Probable (PMP) para La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina*. II Congreso Internacional de Hidrología de Llanuras. Santa Fe, Argentina 22 al 26 de septiembre 2014. <http://hdl.handle.net/10915/40966>
- UNISDR. (2009).** Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastres*. Naciones Unidas. Ginebra, Suiza. [http://www.unisdr.org/files/7817\\_UNISDRTerminologySpanish.pdf](http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf)